

Pengujian Laboratorium Pengumpul Surya Plat Bersirip

Supranto¹⁾ dan Ahmad Fudholi²⁾

supranto@yahoo.com

fudholi.solarman@gmail.com

¹ Prodi Teknik Kimia, FTI, UPN "Veteran" Yogyakarta, Jalan Lingkar Utara, Yogyakarta

² SERI UKM, Universiti Kebangsaan Malaysia, Selangor DE, Malaysia

Abstrak

Pengumpul surya merupakan salah satu bagian terpenting dari sistem pengeringan surya. Pengumpul surya terdiri dari: Kaca penutup, plat penyerap, dan saluran udara yang diisolasi. Plat penyerap menjadi panas karena menerima sinar matahari, kemudian panas tersebut dipindahkan ke udara yang mengalir di dalam saluran udara dalam pengumpul surya. Jumlah panas yang dipindahkan ke udara dipengaruhi oleh: luas permukaan perpindahan panas, laju aliran udara, dan suhu plat. Pengumpul surya plat datar mempunyai efisiensi sekitar 55%. Efisiensi ini dapat ditingkatkan dengan cara menambah luas permukaan perpindahan panas ini. Salah satu cara memperluas permukaan perpindahan panas dengan cara menggunakan plat bersirip. Dalam penelitian ini diuji pengumpul surya dua-pass dengan plat bersirip. Pengujian dilakukan di dalam laboratorium menggunakan simulator surya sebagai sumber cahayanya. Simulator terdiri dari 45 lampu halogen 500 watt setiap lampunya. Dalam pengujian laboratorium, pengumpul surya dua-pass dengan plat bersirip mempunyai efisiensi lebih dari 60%

Kata kunci: Pengumpul surya, dua-pass, plat bersirip, efisiensi

Pendahuluan

Pengumpul surya pemanas udara atau lebih dikenal dengan nama pengumpul surya, menghasilkan udara panas dengan memanfaatkan sinar matahari yang menimpa pengumpul surya. Pengumpul surya sederhana ialah pengumpul surya terbuka yang terdiri dari plat penyerap dan saluran udara yang diisolasi dengan baik. Pengumpul surya jenis ini tidak menggunakan penutup pada bagian atasnya, sehingga kehilangan panas melalui bagian atas relatif besar. Kehilangan panas melalui bagian atas ini disebabkan karena pantulan sinar yang menimpa plat penyerap langsung dan kehilangan panas karena terbawa angin yang bertiup menimpa plat penyerap. Pengumpul surya plat terbuka ini cocok digunakan pada daerah yang suhunya tidak terlalu tinggi. Kenaikan suhu udara yang mengalir di dalam pengumpul surya plat terbuka ini hanya sekitar 10° C (Brenndorfen, 1985). Udara panas yang dihasilkan sesuai untuk pengeringan bahan pada suhu rendah. Untuk mengurangi panas yang hilang melalui bagian atas pengumpul surya dibuat pengumpul surya dengan penutup. Sebagai penutup digunakan bahan transparan, sehingga dapat meneruskan sinar matahari dan plat penyerap menjadi panas.

Sebagai penutup dapat digunakan kaca atau plastik yang tahan panas, karena pada daerah yang beriklim tropis, suhu penutup dapat mencapai 100°C. Karena suhu penutup yang tinggi ini maka lebih baik kalau digunakan kaca. Pada suhu yang tinggi plastik memuai menjadi lentur, sehingga permukaannya tidak rata (bergelombang). Dengan adanya gelombang ini air akan tertampung pada bagian-bagian yang melengkung. Adanya air ini dapat menyebabkan debu dan kotoran menempel pada penutup dan juga dapat ditumbuhi lumut. Dengan adanya debu yang menempel dan lumut yang tumbuh pada permukaan kaca penutup akan mengurangi sinar yang dapat diteruskan oleh penutup ke plat penyerap. Karena sinar matahari yang terhambat oleh kotoran dan benda lain ini menyebabkan efisiensi pengumpul surya berkurang.

Efisiensi pengumpul surya dipengaruhi oleh intensitas sinar surya yang menimpa pengumpul surya, debit udara yang mengalir di dalam pengumpul surya, serta kondisi lingkungan yang meliputi kecepatan angin, adanya awan, kebersihan udara dan kadar air dalam udara. Untuk mempelajari efisiensi pengumpul surya ini dilakukan pengujian di dalam laboratorium. Sumber sinar untuk pengujian di dalam laboratorium digunakan simulator dengan sumber sinar lampu halogen. Dengan pengujian di dalam laboratorium, maka intensitas sinar dapat dibuat tetap selama pengujian. Demikian

Alamat korespondensi: supranto@yahoo.com
fudholi.solarman@gmail.com

juga kondisi angin dan keadaan udara dapat dikendalikan sesuai yang diinginkan. Karena pengujian dilakukan di dalam laboratorium kecepatan angin dianggap nol (tidak ada angin), kadar air di dalam udara dan kondisi udara yang lainnya dianggap konstan selama penelitian dilakukan.

Landasan Teori

Pengumpul surya menghasilkan udara panas karena sinar surya menimpa plat penyerap, plat penyerap menjadi panas, kemudian terjadi perpindahan panas dari plat penyerap kepada udara yang mengalir di dalam pengumpul surya. Panas dari plat penyerap tidak semuanya dapat dipindahkan ke udara yang mengalir di dalam pengumpul surya, tetapi sebagian akan hilang ke sekeliling. Untuk meningkatkan efisiensi pengumpul surya kehilangan panas ini harus diminimumkan. Kehilangan panas biasanya disebabkan oleh radiasi dari plat penyerap dan juga kehilangan panas ke sekeliling melalui bagian sisi dan bagian dasar pengumpul. Kehilangan panas ke sekeliling akan besar, apabila digunakan isolator yang tidak baik, atau terdapat kebocoran pada pengumpul. Radiasi ke sekeliling dapat dikurangi dengan menggunakan penyerap yang mempunyai daya pancar yang rendah atau dengan menggunakan penutup yang sesuai.

Konstante pemindahan-penyerapan adalah suatu nilai yang memberi jumlah tenaga surya yang diserap sesudah sinar surya mengalami pelbagai pantulan dalam plat penyerap dan penutup. Apabila suatu sinar cahaya memasuki pengumpul dengan penutup transparan dan terkena di plat penyerap, sebagian sinar tersebut akan dipantulkan kembali ke penutup. Walau bagaimanapun semua sinar tersebut tidak akan hilang karena sinar akan terpantul kembali ke plat penyerap dan kemudian diserap, sehingga plat menjadi panas. Faktor peralihan haba merupakan kuantitas yang mengaitkan nilai sebenarnya tenaga berguna yang diserap oleh pengumpul kepada tenaga berguna yang dapat diserap sekiranya keseluruhan permukaan pengumpul berada dalam suhu masuk udara. Nilai faktor peralihan panas ialah F_R , dan nilainya dapat ditentukan dengan persamaan (1) (Duffie & Bekman 1980):

$$F_R = \frac{mC_p(T_{f,o} - T_{f,i})}{A_c [I - U_L(T_{f,i} - T_{f,a})]} \quad (1)$$

Besaran F_R merupakan konstante yang mempengaruhi efisiensi pengumpul surya, yang juga dapat dinyatakan sebagai persamaan (2):

$$F_R = \frac{mC_p}{A_c U_L} \left[\frac{T_{f,o} - T_{f,i}}{\frac{I}{U_L} - (T_{f,i} - T_{f,a})} \right] \quad (2)$$

atau boleh juga dinyatakan sebagai persamaan

(3):

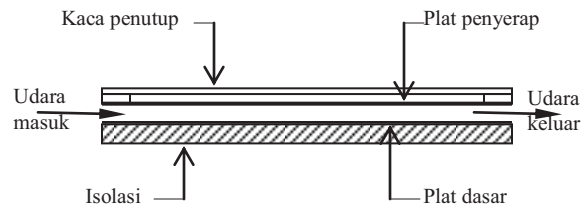
$$F_R = \frac{mC_p}{A_c U_L} \left[1 - \frac{\frac{I}{U_L} - (T_{f,o} - T_a)}{\frac{I}{U_L} - (T_{f,i} - T_a)} \right] \quad (3)$$

Efisiensi pengumpul surya didefinisikan sebagai perbandingan antara panas yang dapat digunakan untuk memanaskan udara yang mengalir di dalam pengumpul surya dengan tenaga dari sinar matahari yang menimpa pengumpul surya. Hal ini dapat dituliskan dengan persamaan (4) sebagai berikut:

$$\eta = \frac{m.C_p.(\Delta T)}{A.I} .(100\%) \quad (4)$$

Perpindahan Panas dalam Pengumpul Surya konvensional

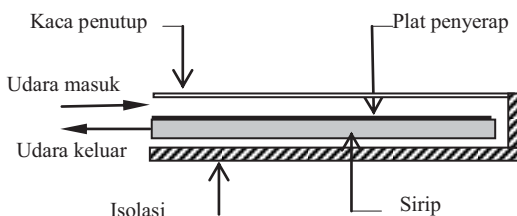
Pengumpul surya konvensional ialah pengumpul surya satu-pass, berpenutup dengan saluran udara di bawah plat penyerap. Skema pengumpul surya konvensional seperti gambar 1.



Gambar 1. Skema pengumpul surya konvensional

Pengumpul surya konvensional ini sudah banyak digunakan untuk sistem pengeringan surya. Dengan pengumpul surya konvensional ini dilakukan untuk sistem pengeringan hasil-hasil pertanian dan hasilnya cukup baik.

Untuk meningkatkan efisiensi pengumpul surya dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya ialah pengumpul surya lekuk V (Ruslan, 1999), yang mempunyai efisiensi lebih dari 70%. Kemudian Supranto (2000) membuat pengumpul surya dengan media berpori, pengumpul surya dengan media berpori ini mempunyai efisiensi lebih dari 80%. Media berpori selain meningkatkan efisiensi pengumpul surya juga berfungsi sebagai penyimpan panas, sehingga pada intensitas sinar surya yang berkurang suhu udara yang keluar dari pengumpul surya masih dipertahankan beberapa waktu (Sopian, et al., 2007). Untuk mempertahankan suhu udara yang keluar dari pengumpul surya bila udara berawan maka telah diteliti pengumpul surya dengan plat penyerap dan bahan berubah fasa (Benli & Durmus, 2009). Pengumpul surya dengan plat penyerap yang ditambah bahan berubah fasa ini suhu udara keluar dari pengumpul surya tidak cepat berubah, karena pada awal operasinya sebagian panas digunakan untuk memanaskan dan merubah fasa dari bahan ini. Ketika belum semua bahan isian berubah fasa, suhu hanya sekitar suhu berubah fasa dari bahan tersebut. Setelah semua bahan isian berubah fasa barulah suhu udara keluar naik dengan perlahan-lahan. Demikian pula ketika intensitas sinar surya berkurang, suhu udara akan berkurang sedikit demi sedikit sampai bahan mulai berubah fasa. Selama bahan mulai berubah fasa sampai berubah fasa seluruhnya suhu udara keluar hampir tetan. Pengumpul surya dengan plat juga telah banyak dilakukan diantaranya, pengumpul surya plat bersirip ganda (Naphon, 2004). Kombinasi plat bersirip dan pengumpul surya dengan bahan berubah fasa telah dikaji Oleh Ermis, et al. (2007). Untuk penelitian ini digunakan pengumpul surya dua-pass dengan plat bersirip. Tujuan dari penggunaan plat bersirip ialah untuk memperluas permukaan perpindahan panas dari plat penyerap kepada udara yang mengalir melalui saluran di dalam pengumpul surya. Skema dari pengumpul surya dua-pass dengan plat bersirip seperti gambar 2.

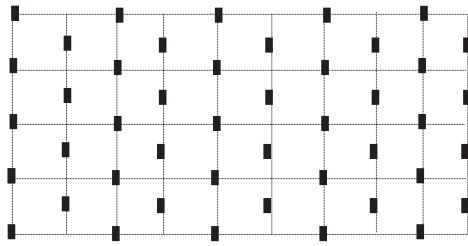


Gambar 2. Skema Pengumpul Surya Dua-pass Plat bersirip.

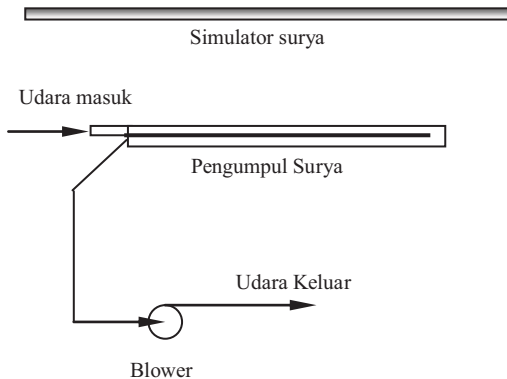
Pengumpul surya ini terdiri dari kaca penutup, plat penyerap bersirip dan plat dasar yang diisolasi. Sistem pengumpul surya ini mempunyai dua saluran udara, yaitu saluran atas yang terletak antara kaca penutup dengan plat penyerap dan saluran bawah yang terletak antara plat penyerap dengan plat dasar. Sirip dipasang pada bagian bawah plat penyerap. Udara luar masuk melalui saluran atas kemudian dibelokkan dan mengalir melalui saluran bawah. Dengan demikian udara ini mengalami dua kali pemanasan. Sinar matahari mengenai kaca penutup, sebagian dipantulkan kembali ke udara luar dan sebagian diteruskan menimpa plat penyerap. Plat penyerap menjadi panas demikian pula sirip juga menjadi panas. Panas ini dipindahkan ke udara yang mengalir melalui saluran atas, kemudian udara mengalir melalui saluran bawah. Di dalam saluran bawah ini, udara dipanaskan kembali dengan terjadinya kontak antara udara dengan plat penyerap yang dilengkapi dengan sirip. Adanya sirip ini membuat luas bidang kontak antara udara dengan plat penyerap menjadi lebih luas, sehingga lebih banyak panas yang dipindahkan dari plat penyerap ke udara yang mengalir melalui pengumpul surya ini. Dengan demikian efisiensi perpindahan panas antaran plat penyerap menjadi lebih besar.

Pelaksanaan percobaan

Efisiensi pengumpul surya dinyatakan sebagai perbandingan antara panas dari sinar matahari yang menimpa pengumpul surya dengan panas yang digunakan untuk menghasilkan udara panas yang mengalir di dalam pengumpul surya. Intensitas sinar matahari yang sampai ke bumi tidak tetap sepanjang waktu, karena adanya berbagai hambatan. Sebelum sampai ke bumi sinar matahari melalui atmosfer yang di dalamnya terdapat awan, debu, dan lain-lain, sehingga intensitas sinar matahari tidak tetap, sehingga sukar untuk membandingkan efisiensi pengumpul surya untuk berbagai keadaan. Maka penelitian diadakan di dalam ruangan dan menggunakan simulator surya sebagai sumber sinarannya. Simulator surya terdiri dari 45 lampu dicroic dengan daya masing-masing lampu 500 watt. Lampu dipasang pada luasan 200 cm x 360 cm. Pengumpul surya diletakkan 110 cm di bawah susunan lampu. Tata letak lampu seperti gambar 3 dan skema dari rangkaian alat penelitian seperti gambar 4.



Gambar 3. Susunan lampu pada simulator surya



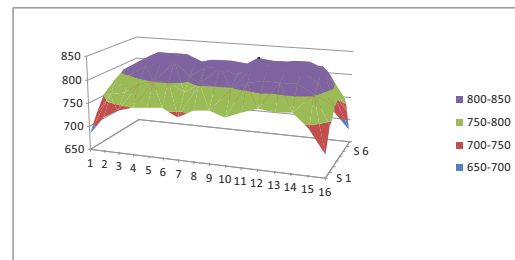
Gambar 4. Rangkaian alat penelitian

Alat penelitian terdiri dari simulator surya, pengumpul surya dua-pass dengan plat bersirip dan blower yang berfungsi untuk mengalirkan udara di dalam pengumpul surya. Pengumpul surya diletakkan 120 cm di bawah simulator surya. Untuk penelitian ini dilakukan pengujian untuk berbagai intensitas sinar dan berbagai debit aliran udara. Suhu diukur dengan menggunakan termokoppel tipe T 1/0.315 mm, buatan UK, debit udara diukur dengan anemometer vane probe, intensitas sinar diukur dengan piranometer jenis Piranometer PY 60257, buatan USA. Sistem pengambilan data dengan Software ADAM dan semua data direkam dalam komputer.

Hasil Percobaan dan Pembahasan

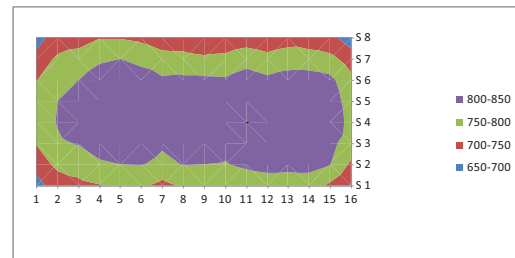
Percobaan dilakukan di dalam ruangan, perubahan udara di tempat percobaan diabaikan. Di dalam ruang dianggap tidak ada angin, suhu ruang dianggap tetap, dianggap tidak ada debu, kadar air dianggap tetap. Dengan anggapan ini maka perubahan sekeliling terhadap hasil percobaan kecil dan konstan selama penelitian. Dalam penelitian ini mula-mula dilakukan pengujian intensitas sinar dari simulator surya. Hal ini dilakukan karena dalam penelitian ini akan meneliti efisiensi pengumpul surya untuk berbagai intensitas sinar. Intensitas

sinar merupakan variabel yang sangat berpengaruh terhadap efisiensi pengumpul surya. Masing-masing lampu dari simulator surya dilengkapi dengan regulator untuk mengubah arus listrik yang masuk ke lampu. Dengan mengubah-ubah arus listrik yang masuk ke masing-masing lampu dari simulator surya ini dapat diperoleh intensitas sinar yang berbeda-beda. Intensitas rata-rata tertinggi dari simulator surya ini adalah 788 watt/m^2 . Hasil dari pengukuran intensitas untuk berbagai tempat, kemudian dibuat kontur. Untuk arus listrik maksimum diperoleh kontur 3D seperti gambar 5.



Gambar 5. Gambar 3D kontur intensitas sinar Simulator surya

Untuk lebih jelasnya dibuat kontur 1D, hasilnya seperti gambar 6.

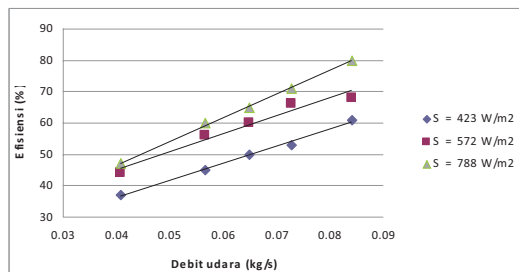


Gambar 6. Kontur 1D intensitas sinar pada maksimum.

Penelitian kontur intensitas sinar dilakukan berbagai intensitas sesuai dengan penelitian yang akan dilakukan. Dari percobaan ini didapatkan intensitas tertinggi pada bagian tengah dan semakin rendah untuk bagian tepi. Hal ini terjadi karena bagian tengah mendapat sinar dari lampu-lampu dari sebelah kiri, kanan, muka dan belakang. Sedangkan di bagian tepi hanya tidak mendapat sinar seperti bagian tengah. Untuk itu maka dalam penelitian ini pengumpul surya harus diletakkan dibagian tengah, dengan kedudukan yang tetap.

Penelitian ini menggunakan pengumpul surya dua-pass dengan plat berfin. Adapun

ukuran dari pengumpul surya panjang 240 cm dan lebarnya 120 cm. Tinggi saluran atas 3.5 cm dan tinggi saluran bawahnya 7 cm. Sirip panjang 12 cm dan lebar 6 cm dipasang pada saluran bawah. Dari penelitian tentang pengumpul surya ini diperoleh data-data suhu udara masuk pengumpul surya, suhu udara keluar pengumpul surya untuk berbagai intensitas sinar dan berbagai debit udara. Kemudian dihitung efisiensinya dan dibuat grafik hubungan antara debit udara dengan efisiensi pengumpul surya dengan berbagai intensitas sinar. Hasilnya seperti gambar 7.



Gambar 7. Pengaruh debit udara dan intensitas sinar terhadap efisiensi.

Dari gambar 7. nampak jelas bahwa semakin tinggi intensitas sinar semakin besar efisiensi pengumpul surya tersebut, hal ini disebabkan karena semakin tinggi intensitas sinar semakin banyak tenaga matahari yang mengenai pengumpul surya. Kemudian semakin besar debit udara juga menyebabkan efisiensi pengumpul surya bertambah, hal ini terjadi karena semakin besar debit udara semakin rendah suhu udara yang dihasilkan. Akibatnya suhu dari pengumpul surya juga semakin rendah. Panas yang hilang dari pengumpul surya meliputi, panas yang hilang melalui bagian atas pengumpul surya. Besarnya panas yang hilang melalui bagian atas dari pengumpul surya terjadi secara konveksi dari kaca penutup ke udara luar di atas kaca penutup, maka panas yang hilang melalui bagian atas dipengaruhi yang dipengaruhi oleh suhu udara di atas kaca penutup dan angin yang bertiup di atas kaca penutup. Karena dianggap tidak ada angin maka panas yang hilang melalui bagian atas ini hanya oleh dipengaruhi oleh suhu kaca penutup dan suhu sekeliling. Karena percobaan dilakukan di dalam ruangan, maka suhu sekeliling dianggap tetap. Hal ini menyebabkan panas yang hilang ke sekeliling hanya dipengaruhi oleh suhu kaca penutup. Kaca merupakan bahan penyerap panas yang tidak baik, maka kenaikan suhu kaca penutup tidak

proporsional dengan perubahan intensitas sinar. Dengan demikian panas yang hilang melalui bagian atas ini juga tidak proporsional dengan intensitas sinar yang menimpa pengumpul surya, maka semakin tinggi intensitas sinar yang menimpa pengumpul surya, menyebabkan efisiensi pengumpul surya lebih tinggi. Pada intensitas sinar yang semakin tinggi, maka efisiensi pengumpul surya semakin tinggi pula.

Debit udara juga berpengaruh terhadap efisiensi pengumpul surya. Semakin tinggi debit udara menyebabkan efisiensi pengumpul surya juga semakin besar. Hal ini disebabkan karena semakin besar debit udara suhu udara yang dihasilkan oleh pengumpul surya semakin rendah. Semakin rendah suhu udara di dalam pengumpul surya menyebabkan suhu pengumpul surya semakin rendah pula, hal ini berarti suhu dinding-dinding pengumpul surya juga semakin rendah. Selain melalui bagian atas pengumpul surya, panas juga hilang melalui bagian samping dan bagian bawah dari pengumpul surya. Bila suhu pengumpul surya semakin rendah ini berarti suhu dinding-dinding tersebut juga semakin rendah. Seperti telah dibicarakan di atas bahwa semakin rendah suhu akan semakin kecil panas yang hilang ke sekeliling, akibatnya efisiensi pengumpul surya semakin tinggi.

Penutup

Pengumpul surya merupakan bagian yang terpenting dari sistem pengeringan surya. Pengumpul surya dua-pass dapat menghasilkan suhu udara keluar yang lebih tinggi daripada pengumpul surya satu pass. Penelitian pengumpul surya dua-pass dengan plat berfin zigzag menghasilkan efisiensi lebih dari 70% pada intensitas 788 watt/m² dan pada debit udara 0,085 kg/sec. Semakin tinggi intensitas sinar yang menimpa pengumpul surya menyebabkan naiknya efisiensi. Pada intensitas sinar antara 433 watt/m² sampai 788 watt/m² kenaikan efisiensi sekitar 25%. Demikian pula kenaikan debit udara juga meningkatkan efisiensi pengumpul surya. Untuk debit udara antara 0.04 kg/sec sampai 0.085 kg/sec. Kenaikan efisiensi antara 30% - 50%.

Daftar Pustaka

Benli, H. & Durmus, A., 2009, "Performance Analysis of a Latent Heat Storage System with Phase Change Material for New Designed Solar Collectors in Green House Heating", *Solar Energy* 83: 2109-2119.

- Brenndorfer, B., Kennedy, L., Oswin-Bateman, C.O., Trim, D.S., Mrema, G.G. & Wereko-Brobby, C., 1985, "*Solar Dryers-The Role in Pastharvest Processing*", Commonwealth Science Council, London.
- Enibe, S.O., 2002, "Performance of Natural Circulation Solar Air Heating System with Phase Change Material Energy Storage". *Renewable Energy* 27: 69-86.
- Ermis, K, Erek, A. & Dincer, I., 2007, "Heat Transfer Analysis of Phase Change Process in a Finned-tube Thermal Energy Storage System Using Artificial Neural Network". *International Journal of Heat and Mass Transfer* 50: 3163-3175.
- Karsl, S., 2007, "Performance Analysis of New Design Solar Air Collector for Drying Applications", *Renewable Energy* 32: 1645-1660.
- Karim, A., & Hawler, M.N.A., 2006, "Performance Investigation of Flat Plate, V-groove and Finned Air Collectors", *Energy* 31: 452-470.
- Naphon, P., 2005, "On The Performance and Entrophy Generation of The Double-pass Solar Air Heater with Longitudinal Finns", *Renewable Energy* 30: 1345-1357.
- Ruslan, M.H., Othman, M.Y., Saleh, M.M. & Sopian, K., 1999, "Design and Indoor Testing of The V-Groove Back-Pass Solar Collector", *Renewable Energy*, 16, 2119-2121.
- Sopian, K., Supranto, Othman, M.Y. & Yatim, B., 2007, "Double-pass Solar Collectors with Porous Media Suitable for Higher Temperature Solar Assisted Drying Systems", *Journal of Engineering*, Vol. 133, ASCE, ISSN 0733-9402/2007/1-1.
- Supranto, 2000, "Reka Bentuk dan Pengujian Prestasi Pengumpul Suria Dua-Laluan dengan Media Berliang", *Desertasi Doktor Falsafah, Universiti Kebangsaan Malaysia* (Tidak dipublikasikan).